



TITLE:

Studies on the temperature requirements
for flower bud dormancy release in *Prunus*
mume(Abstract_要旨)

AUTHOR(S):

Kitamura, Yuto

CITATION:

Kitamura, Yuto. Studies on the temperature requirements for flower bud dormancy
release in *Prunus mume*. 京都大学, 2017, 博士(農学)

ISSUE DATE:

2017-03-23

URL:

<https://doi.org/10.14989/doctor.k20417>

RIGHT:

学位規則第9条第2項により要約公開; 許諾条件により本文は2018-06-
14に公開

(続紙 1)

京都大学	博士（農学）	氏名	北村 祐人
論文題目	Studies on the temperature requirements for flower bud dormancy release in <i>Prunus mume</i> (ウメ花芽の温度要求性制御機構に関する研究)		
(論文内容の要旨)			
<p>ウメ (<i>Prunus mume</i> Sieb. et Zucc.) の主要品種である‘南高’は、和歌山県において平年では2月中旬に満開期を迎えるが、その開花期は年次による変動が大きい。開花期の変動はその後の果実生産にも影響を及ぼす要因となり、将来的に懸念されている気候変動によってさらに開花期が大きく変動する可能性もある。しかしながらウメ花芽の温度要求性や開花期を決定する要因について得られている知見は少ない。本研究では最初に、休眠期の相転換を考慮した発育速度に基づく発育指数モデルを構築した。そして、休眠覚醒期の花芽における植物ホルモン分析および遺伝解析により、花芽の温度要求性制御要因の一端を解明した。最後に、これらの結果を総合し、開花期予測技術開発の可能性を論じた。</p> <p>第1章では、‘南高’の休眠覚醒期における花芽発育指数 (DVI) モデルを構築した。DVIモデルとは温度に対する生命現象の反応性を評価する際にしばしば用いられるモデルである。これは、何らかの発育過程の完了点をDVI=1とし、温度処理実験でその完了点に至るまでに要した時間の逆数を各温度における単位時間当たりの発育速度 (DVR) として積算するモデルである。自発休眠覚醒に有効な低温要求性としてのDVR (DVR_{endo}) を算出するため、3年生‘南高’のポット苗を-3~15℃で一定時間処理し、処理時間と加温時の開花率との関係を調査したところ、各温度におけるDVR_{endo}は5~6℃に極大値をもつ曲線で近似された。この結果は5~6℃が最も自発休眠覚醒に有効な温度帯であることを示している。また、15℃では自発休眠覚醒効果はなく、-3℃では覚醒に対して負の効果をもつことも示唆された。次に他発休眠期において開花に有効な高温要求性としてのDVR (DVR_{eco}) を算出するため、人工的に低温処理して自発休眠から覚醒させた‘南高’のポット苗を5~20℃で生育させた。各温度での生育時間と開花率の関係を調査したところ、実験した温度帯においては温度が高くなるほどDVR_{eco}値は大きくなった。以上より、履歴温度から‘南高’花芽の発育ステージを推定することが可能となった。</p> <p>第2章では、休眠覚醒期の花芽発育段階を制御する要因を探索するため、LC-MS/MSを用いた花芽中の網羅的な植物ホルモン分析を行った。10~2月にかけて多低温要求性品種の‘南高’および少低温要求性品種の‘二青梅’の花芽における植物ホルモン含量を経時的に調査したところ、ABA含量が‘南高’より‘二青梅’で早期に減少し、自発休眠深度とも強い相関を示したため、自発休眠覚醒にはABA含量が関与していると考えられた。また、人工的に低温処理を行った花芽においては、処理日数に伴って‘南高’ではABA含量が減少し、その代謝物であるDPAおよびABA-GEが増加していたが、‘二青梅’では代謝物の顕著な増加は見られなかったため、低温要求量の品種間差はABA代謝および生合成活性の違いに依存していることが示唆された。一方、オーキシシン類（遊離および結合型IAA）およびサイトカイニン類 (tZ, tZR, iP, iPR) の含量は開花直前に急激な増加が見られたことから、自発休眠覚醒よりも、他発休眠期から開花期にかけての花芽の発育と関連していると考えられた。</p> <p>第3章では、休眠関連形質に関するQTL解析を行うことで、その遺伝制御要因の解明を試みた。‘二青梅’×‘南高’のF₁分離集団63個体を用い、Genotyping-by-sequencing (GBS) 法により得られたSNPマーカーを用いて高密度連鎖地図を構築した。MapQTL6を用いたQTL解析の結果、葉芽の休眠深度（加温下で萌芽に要する日数）、萌芽日、および<i>PmDAM6</i>発現量の主要QTLが、‘南高’第4染色体上に検出され、この領域がウメ休眠芽の発芽制御と関連する新規遺伝子座であることが示唆された。</p>			

一方、花芽の休眠深度（加温下で開花に要する日数）や開花日に関するQTLは検出されなかった。本章では、既知の休眠関連遺伝子群の発現解析も行った。その結果、*PmDAM3*, 5および6の発現量が‘南高’および‘二青梅’の花芽の自発休眠深度と同調的に減少し、各遺伝子の発現量減少の時間差が低温要求量と関連していると考えられた。また、*PmSOC1*の発現パターンも*PmDAM6*と同調的であり、先行研究で示唆されていた両タンパク質の相互作用を支持する結果となった。以上より、*PmDAM*遺伝子群や*PmSOC1*が花芽の休眠覚醒制御の一端を担っていることが示唆されたが、遺伝制御要因としての役割を示す結果は本研究からは得られなかった。

第4章では、開花予測モデルの開発ならびに花芽の温度要求性制御因子を同定した。第1章で構築したDVIモデルに基づいて、11月1日を起算日とした開花期予測モデルを構築し、和歌山県みなべ町内の生産園地における開花始期と比較した。その結果、モデルのパラメータを最適化することで実用的な予測に利用可能なモデルを開発することに成功した。この最適予測モデルのパラメータ値は、ウメ花芽が自発休眠覚醒に必要な低温要求量達成前から高温にも反応して発育が進行することを示唆している。第2章や第3章において、‘南高’花芽の自発休眠深度との関連が示されたABA含量および*PmDAM*遺伝子群の相対発現量は、 DVI_{endo} および DVI_{eco} 値と強い相関を示した。すなわち、これらの休眠覚醒制御因子群は、休眠期の低温要求性および高温要求性双方と関連していることが示唆された。

以上のとおり、本研究では、休眠覚醒期におけるウメ花芽の温度要求性を数値化し、発育ステージをDVIモデルで表すことに成功した。また、休眠制御への関与が示唆されてきた因子群が自発および他発休眠の双方に生理的役割を持つことを理論的に示した。花芽のDVIモデルを用いることで、関連遺伝子の転写産物量や関連因子の代謝物含量も予測可能であり、このモデルに基づいて開花期を高精度に予測することができた。本研究で得られた知見は、ウメ花芽の休眠および開花制御機構解明の一助となるとともに、バイオマーカー等を用いた休眠深度診断や開花期予測を利用することで、気候変動に対応したウメの安定生産にも寄与することが期待される。

注) 論文内容の要旨と論文審査の結果の要旨は1頁を38字×36行で作成し、合わせて、3,000字を標準とすること。

論文内容の要旨を英語で記入する場合は、400～1,100 wordsで作成し
審査結果の要旨は日本語500～2,000字程度で作成すること。

(論文審査の結果の要旨)

ウメの開花期は年次変動が大きく、果実生産にも影響を及ぼす要因となるにも関わらず、ウメ花芽の温度要求性や開花期を決定する要因に関する知見は少ない。本研究は、休眠期から開花期にかけての花芽発育ステージを温度履歴から数値化するモデルを開発し、開花日予測につなげたほか、温度要求性を制御する生理・遺伝要因について新たな知見を得たものである。評価すべき点は以下のとおりである。

1. 綿密に計画された温度処理実験により、ウメ‘南高’花芽の温度要求性を明らかにし、主要産地で利用可能な開花日予測モデルを開発した点は、高く評価できる。休眠は年1回しか計測できない形質ながら、限られた時間で予測モデルの開発にまで至っている点で本研究の研究計画の適切性を評価できる。

2. ABAとその代謝産物の内生量変動から、ウメ低温要求量の多少がABA生合成活性と代謝活性の違いに依存する可能性を導き出した点は、新規の知見を与えた点で評価できる。ABAの休眠や低温要求性への関与は知られていたが、その生合成経路や不活化経路を含めた知見は少ない。本研究は、‘南高’など低温要求量の多い品種においては、ABA不活化経路の活発化が休眠覚醒と密接に関与している可能性を示した点で、高く評価できる。

3. 最新の手法であるGBS法をとりいれたQTL解析を実行し、休眠に関連する新たな遺伝子座を同定した点は評価に値する。また、既知の休眠制御遺伝子である*DAM*遺伝子が低温要求性と高温要求性の双方に生理的役割をもつことを明らかにした点は、未だ生理的役割がわかっていない*DAM*遺伝子の機能解明に向けて重要な知見を与えるものである。

以上のように、本研究は、ウメの開花予測モデルを構築し、今後の気候変動に対応するための効率的果実生産技術開発につながる知見を与え、園芸産業の発展に寄与するものである。一方で、本研究は木本植物の越冬芽の休眠覚醒制御機構に関する新しい知見を与えており、果樹園芸学、育種学、植物生理学、植物遺伝学の発展に寄与するところが大きい。

よって、本論文は博士（農学）の学位論文として価値あるものと認める。

なお、平成29年1月19日、論文並びにそれに関連した分野にわたり試問した結果、博士（農学）の学位を授与される学力が十分あるものと認めた。

また、本論文は、京都大学学位規程第14条第2項に該当するものと判断し、公表に際しては、当該論文の全文に代えてその内容を要約したものとすることを認める。

注) 論文内容の要旨、審査の結果の要旨及び学位論文は、本学学術情報リポジトリに掲載し、公表とする。

ただし、特許申請、雑誌掲載等の関係により、要旨を学位授与後即日公表することと支障がある場合は、以下に公表可能とする日付を記入すること。

要旨公開可能日： 年 月 日以降（学位授与日から3ヶ月以内）